

# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Menurut data produksi dan konsumsi telur ayam ras di Indonesia, serta standar mutu pangan yang berlaku, telur ayam ras petelur secara konsisten menyumbang sebagian besar produksi telur unggas di Indonesia dengan estimasi produksi nasional lebih dari 5,6 juta ton per tahun, yang terus meningkat setiap tahunnya, menunjukkan peran pentingnya dalam memenuhi kebutuhan protein hewani masyarakat. Parameter fisik telur ayam ras, seperti berat berkisar antara 50 hingga 70 gram per butir dan indeks putih dan kuning telur, semuanya memenuhi standar kualitas telur ayam ras untuk konsumsi menurut standar nasional. Selain itu, Standar Nasional Indonesia SNI 3926:2023 tentang Telur Ayam Konsumsi menggantikan versi sebelumnya (SNI 3926:2008) dan memberi acuan yang lebih baru bagi industri dan pelaku rantai pasokan. Standar ini menetapkan standar mutu dan karakteristik telur ayam yang diperjualbelikan di pasar domestik, termasuk persyaratan untuk berat, kondisi cangkang, dan parameter mikrobiologis untuk memastikan keamanan pangan.

Kualitas telur memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi rantai distribusi, nilai penjualan, dan kepercayaan konsumen di sektor peternakan. Namun, banyak peternakan ayam dan pusat distribusi masih menggunakan metode manual untuk penyortiran kualitas telur, termasuk pemeriksaan visual, penimbangan dasar, dan pengaturan pencahayaan secara manual. Metode manual yang padat karya dan memakan waktu ini rentan terhadap subjektivitas, kesalahan manusia, dan hasil yang tidak konsisten, terutama saat memeriksa jumlah telur yang besar.

Perkembangan teknologi digital termasuk *Internet of Things* (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) memberikan peluang signifikan untuk mengotomatisasi proses klasifikasi kualitas telur secara objektif dan konsisten. Teknologi IoT memungkinkan integrasi berbagai sensor untuk mengumpulkan data fungsional, seperti berat dan parameter fisik telur secara *real-time*, serta terhubung ke jaringan untuk pemantauan jarak jauh. Di sisi lain, algoritma *deep learning* seperti

*Convolutional Neural Network* (CNN) memiliki kemampuan yang sangat baik dalam pengolahan citra untuk mengidentifikasi pola visual kompleks yang sulit dilihat oleh mata manusia. Model CNN secara khusus telah diteliti dalam literatur untuk masalah klasifikasi telur berbasis citra, seperti pada penelitian yang memanfaatkan arsitektur *EfficientNet* untuk mendeteksi kondisi cangkang telur baik, retak, atau rusak menggunakan dataset citra telur sebagai masukan (Putri et al., 2024).

Selain itu, penelitian yang dilakukan di Indonesia telah menunjukkan bahwa teknologi pengukuran otomatis berbasis mikrokontroler, seperti ESP32 dengan sensor Load Cell dan LDR, dapat berkontribusi dalam mengukur berat telur serta menjaga kestabilan pencahayaan sistem pengambilan citra yang terhubung dengan *Internet of Things* (IoT) untuk klasifikasi kualitas telur. Dibandingkan dengan metode manual konvensional, teknologi ini telah berhasil mencapai akurasi yang cukup baik dalam mendeteksi kualitas telur (Anggraini et al., 2024). Metode pengolahan citra digital juga digunakan untuk klasifikasi kualitas telur ayam melalui CNN, menunjukkan bahwa penerapan CNN dapat mempermudah identifikasi mutu produk secara otomatis (Ibrahim et al., 2022). Namun, penelitian ini umumnya masih terfokus pada parameter sensor fisik dan belum mengintegrasikan analisis citra cangkang telur secara mendalam dengan menggunakan algoritma *deep learning* dalam satu sistem yang terintegrasi.

Mengingat kebutuhan industri dan tantangan praktik manual yang masih mendominasi, diperlukan sebuah sistem terintegrasi yang dapat menggabungkan sensor fisik, kamera untuk pemindaian visual, dan algoritma canggih (CNN) dalam satu *platform real-time* yang dapat dipantau melalui jaringan *Internet of Things* (IoT). Hal ini menjadi pendorong bagi pengembangan NAKULA (Pengembangan Sistem Cerdas Klasifikasi Kualitas Telur Ayam Berbasis IoT Menggunakan CNN), sebuah sistem otomatis yang menggunakan parameter kualitas seperti kondisi cangkang, berat telur, dan kualitas citra visual yang diperoleh melalui sistem pencahayaan otomatis untuk mengklasifikasikan telur ayam secara objektif ke dalam kategori A, B, C dan TL (Tidak Layak). Selain itu, sistem NAKULA mengintegrasikan mekanisme mini conveyor, lengan robot (robot arm) dan sensor

inframerah (IR Obstacle Sensor) untuk memastikan bahwa proses pengambilan gambar, penimbangan, serta pemindahan telur ke grade A, B, C atau TL berjalan terkoordinasi. Seluruh hasil klasifikasi dicatat dan dipantau melalui jaringan IoT, sementara aplikasi *mobile* digunakan sebagai antarmuka monitoring sistem serta pengendalian parameter operasional tertentu, seperti kecepatan conveyor.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem NAKULA berbasis IoT untuk klasifikasi kualitas telur ayam secara otomatis?
2. Bagaimana penerapan algoritma CNN untuk menganalisis citra cangkang telur dalam menentukan kualitas telur ayam?
3. Bagaimana mengintegrasikan data dari sensor berat (Load Cell), dan kamera (ESP32-CAM) untuk klasifikasi kualitas telur ke dalam grade A, B, C dan TL (Tidak Layak)?
4. Bagaimana menyajikan hasil klasifikasi kualitas telur serta melakukan pengendalian parameter sistem melalui aplikasi *mobile*?

## 1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih berfokus, maka batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada klasifikasi kualitas telur ayam ras dan tidak mencakup jenis unggas lainnya.
2. Parameter kualitas telur yang digunakan meliputi kondisi cangkang telur, berat telur, dengan dukungan sistem pencahayaan otomatis untuk pengambilan citra.
3. Klasifikasi kualitas telur dibatasi ke dalam empat kategori, yaitu grade A, B, C dan TL (Tidak Layak).
4. Metode klasifikasi citra cangkang telur menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN).

5. Sistem dikembangkan dalam bentuk prototipe berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor, ESP32-CAM, mini conveyor dan robot arm sebagai aktuator penyortiran.
6. Aplikasi *mobile* digunakan untuk monitoring hasil klasifikasi serta pengendalian parameter sistem tertentu, seperti pengaturan kecepatan laju conveyor, tanpa membahas pengendalian mekanisme robotik secara mendalam.

#### **1.4 Tujuan**

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem NAKULA berbasis IoT untuk klasifikasi kualitas telur ayam.
2. Menerapkan algoritma CNN untuk analisis citra cangkang dalam penentuan kualitas telur.
3. Mengintegrasikan berbagai sensor untuk memperoleh data kualitas telur secara *real-time*.
4. Menguji performa sistem dalam melakukan klasifikasi telur ke dalam grade A, B, C dan TL (Tidak Layak).
5. Menyediakan aplikasi *mobile* untuk monitoring hasil klasifikasi serta pengendalian parameter sistem.

#### **1.5 Manfaat**

1. Memberikan solusi teknologi untuk otomatisasi klasifikasi kualitas telur ayam yang lebih cepat, akurat, dan konsisten dibandingkan metode manual.
2. Memberikan kontribusi akademik pada bidang IoT, *computer vision*, dan *deep learning*, khususnya dalam aplikasi sistem cerdas untuk pertanian dan peternakan.
3. Membantu peternak dan pelaku usaha dalam meningkatkan efisiensi proses sortir telur dan mengurangi tingkat kesalahan manusia.
4. Menjadi dasar pengembangan sistem sortir telur otomatis berskala industri dengan integrasi sensor dan kecerdasan buatan.
5. Mendukung digitalisasi proses pangan di Indonesia melalui pemanfaatan teknologi cerdas berbasis IoT.