

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri manufaktur elektronik secara global dan nasional menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Data dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia menunjukkan bahwa industri elektronika nasional mengalami pertumbuhan sekitar 6,3% pada tahun 2023, yang didorong oleh meningkatnya permintaan komponen elektronik termasuk *Printed Circuit Board* (PCB) sebagai komponen utama dalam berbagai perangkat elektronik [1].

Seiring dengan meningkatnya volume produksi tersebut, proses kontrol kualitas pada tahap perakitan PCB menjadi semakin penting untuk memastikan kualitas produk. Salah satu tahapan penting dalam proses produksi PCB adalah inspeksi kualitas solder pada sambungan komponen. Pada praktik konvensional, inspeksi kualitas solder masih banyak dilakukan secara manual oleh operator manusia. Metode inspeksi manual ini bersifat subjektif, memerlukan waktu relatif lama, serta rentan terhadap kesalahan akibat kelelahan, keterbatasan persepsi visual, dan variasi pengalaman operator, sehingga berpotensi menurunkan konsistensi hasil inspeksi [2].

*Automated Optical Inspection* (AOI) banyak digunakan dalam industri elektronik untuk meningkatkan akurasi, konsistensi, dan kecepatan inspeksi kualitas PCB. Sistem AOI memanfaatkan kamera dan teknik pengolahan citra untuk mendeteksi cacat secara otomatis berdasarkan standar tertentu, sehingga mampu mengurangi ketergantungan pada inspeksi manual dan meningkatkan efisiensi proses produksi [3].

Penerapan metode *deep learning*, khususnya *Convolutional Neural Network* (CNN), menunjukkan kemampuan yang baik dalam pengenalan pola dan klasifikasi citra. Beberapa penelitian membuktikan bahwa CNN lebih efektif dalam mendeteksi cacat PCB dibandingkan metode pengolahan citra tradisional karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur kompleks secara otomatis dan bekerja pada proses inspeksi berkecepatan tinggi [4], [5].

Namun demikian, penerapan CNN pada sistem inspeksi sering kali terkendala oleh keterbatasan sumber daya komputasi, terutama pada platform *embedded*. Pemilihan arsitektur MobileNetV2 pada penelitian ini didasarkan pada pertimbangan karakteristik permasalahan klasifikasi solder joint serta kebutuhan implementasi pada perangkat komputasi terbatas (*edge computing*). Selain efisiensi komputasi, MobileNetV2 telah dilatih menggunakan dataset ImageNet yang berisi jutaan citra dari berbagai kategori objek. Proses transfer learning memungkinkan fitur dasar seperti tepi (*edges*), tekstur (*texture*), kontur (*contour*), dan pola visual lainnya yang telah dipelajari pada ImageNet digunakan kembali untuk mengenali karakteristik solder joint [6], [7].

Dalam sistem *Automated Optical Inspection* (AOI), komunikasi data yang cepat dan andal menjadi faktor penting untuk mendukung proses inspeksi dan pengendalian perangkat. Modbus TCP, yaitu protokol komunikasi berbasis Ethernet yang menerapkan mekanisme client-server melalui jaringan TCP/IP. Dibandingkan dengan komunikasi serial konvensional, Modbus TCP menawarkan kecepatan transfer data sebesar 1-20ms serta memungkinkan pertukaran data melalui penggunaan register. Setiap transaksi Modbus TCP dapat mengakses hingga 125 holding register (250 byte data) dalam satu permintaan, sehingga pertukaran data menjadi lebih efisien dibandingkan metode komunikasi yang memerlukan pengiriman data secara individual.

Meskipun berbagai penelitian telah mengembangkan sistem inspeksi PCB berbasis deep learning, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada tahap deteksi atau klasifikasi cacat tanpa mengintegrasikan sistem inspeksi dengan mekanisme pemindahan dan penyortiran objek. Penelitian yang dilakukan oleh Simanjuntak dan Sani mengembangkan sistem deteksi cacat PCB menggunakan algoritma YOLOv11x untuk mendeteksi berbagai jenis cacat PCB secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi, namun penelitian tersebut masih berfokus pada proses identifikasi cacat dan belum mengintegrasikan sistem conveyor maupun mekanisme sorting otomatis [8]. Selanjutnya, Ni dan Kim meneliti algoritma deteksi cacat PCB menggunakan berbagai arsitektur CNN, termasuk YOLOv8 dan ResNet, pada dataset FPIC yang terdiri atas lebih dari 10.000 citra dan

menghasilkan akurasi deteksi hingga 96,5%, tetapi implementasinya masih terbatas pada evaluasi performa model deteksi cacat PCB [4]. Penelitian lain oleh Zhang dkk. mengusulkan metode inspeksi kualitas solder joint PCB berbasis jaringan klasifikasi ringan LightJoint-D yang menggabungkan segmentasi solder joint menggunakan operasi morfologi OpenCV dan model MobileXT, namun sistem yang dikembangkan belum mengintegrasikan proses inspeksi dengan mekanisme perpindahan objek dan penyortiran secara otomatis [9].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengusulkan rancang bangun sistem *Automated Optical Inspection* berbasis *conveyor* untuk melakukan *sorting* kualitas solder PCB THT secara otomatis. Sistem ini mengintegrasikan perangkat keras berupa *conveyor* dan aktuator dengan perangkat lunak berbasis CNN MobileNetV2 yang diimplementasikan pada platform *embedded* Raspberry Pi. Diharapkan sistem yang dikembangkan mampu melakukan inspeksi dan penyortiran kualitas solder secara akurat, konsisten, dan efisien.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem *Automated Optical Inspection* berbasis *conveyor* untuk inspeksi kualitas solder PCB THT?
2. Bagaimana penerapan *Convolutional Neural Network* MobileNetV2 dalam melakukan klasifikasi kualitas solder yang mempengaruhi fungsi elektrik PCB?
3. Bagaimana kinerja sistem dalam melakukan proses *sorting* kualitas solder PCB THT secara otomatis?

## 1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem *Automated Optical Inspection* berbasis *conveyor* untuk melakukan *sorting* kualitas solder PCB THT.
2. Menerapkan metode *Convolutional Neural Network* MobileNetV2 sebagai algoritma klasifikasi kualitas solder yang mempengaruhi fungsi elektrik PCB.

3. Mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan recall kelas critical, akurasi klasifikasi keseluruhan dan keberhasilan proses sorting pada *conveyor*.

#### 1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan sistem inspeksi kualitas solder PCB THT yang otomatis dan terintegrasi dengan *conveyor*.
2. Mengurangi ketergantungan terhadap inspeksi manual sehingga meningkatkan konsistensi dan efisiensi proses inspeksi.
3. Menjadi dasar pengembangan sistem AOI berbasis embedded system yang dapat diaplikasikan pada skala industri kecil dan menengah.

#### 1.5 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian agar sesuai dengan tujuan yang diharapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian difokuskan pada kualitas solder PCB dengan tipe *Through Hole Technology* (THT).
2. Metode klasifikasi yang digunakan adalah *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur MobileNetV2 dan *framework* Tensorflow.
3. Sistem inspeksi diimplementasikan pada *conveyor* dengan kecepatan konstan.
4. Penelitian ini tidak membahas lebih lanjut mengenai pengontrolan motor conveyor dan servo.
5. Platform komputasi yang digunakan adalah *embedded system* berbasis Raspberry Pi.
6. Keluaran sistem klasifikasi dibatasi pada tiga kelas, yaitu good, warning, dan critical.
7. Klasifikasi cacat terbatas pada kondisi solder yang memengaruhi fungsi elektrik PCB.
8. Area inspeksi terbatas pada 640x480 pixel.

#### 1.6 Sistematika Proposal Tugas Akhir

Sistematika penulisan proposal tugas akhir ini disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai alur pemikiran, ruang lingkup, serta tahapan penelitian

yang akan dilakukan, sehingga memudahkan pembaca dalam memahami rencana penelitian secara menyeluruh. Laporan ini disusun dalam beberapa bagian utama yang saling berkaitan.

**BAB I**, memaparkan dasar dan urgensi penelitian yang meliputi latar belakang permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan masalah yang menjadi ruang lingkup pelaksanaan tugas akhir.

**BAB II**, menguraikan fondasi teoritis yang mendukung penelitian. Pada bagian ini dibahas konsep-konsep utama yang berkaitan dengan objek dan metode penelitian, seperti *Printed Circuit Board* (PCB), solder dan solder joint THT, *Automated Optical Inspection* (AOI), pengolahan citra digital, *Convolutional Neural Network*, arsitektur MobileNetV2, sistem conveyor, serta *embedded system*

**BAB III**, menjelaskan secara sistematis tahapan penelitian yang akan dilakukan. Bab ini mencakup pendekatan penelitian, perancangan sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, metode pengumpulan dan pengolahan data, perancangan model CNN, serta rencana pengujian dan evaluasi kinerja sistem.

**BAB IV**, menyajikan hasil implementasi dan pengujian sistem yang telah dirancang pada penelitian ini. Pada bab ini dibahas realisasi perangkat keras dan perangkat lunak, proses pelatihan model Convolutional Neural Network (CNN) berbasis MobileNetV2, pengujian performa model klasifikasi, pengujian komunikasi Modbus TCP, pengujian perangkat keras, serta pengujian integrasi sistem secara keseluruhan.

**BAB V**, berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan disusun berdasarkan pencapaian tujuan penelitian dan hasil pengujian sistem, sedangkan saran berisi rekomendasi pengembangan lebih lanjut guna meningkatkan performa sistem inspeksi PCB.