

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Printed Circuit Board (PCB) merupakan komponen utama dalam hampir seluruh perangkat elektronik modern yang berfungsi sebagai media pendukung dan penghubung komponen elektronik secara mekanis dan elektrik. Seiring dengan perkembangan teknologi elektronik, desain dan struktur PCB semakin kompleks, sehingga menuntut tingkat kualitas yang tinggi dalam proses produksinya. Salah satu aspek pentingnya adalah kemampuan mendeteksi cacat pada PCB untuk memastikan keandalan perangkat elektronik yang dihasilkan.

Dalam proses produksi, deteksi cacat pada PCB menjadi tahapan yang sangat penting untuk menjamin kualitas produk elektronik. Cacat pada PCB dapat berupa komponen terbakar, sambungan solderan yang tidak sempurna, jalur konduktor yang terputus, maupun komponen yang hilang. Cacat tersebut dapat menyebabkan gangguan fungsi perangkat, penurunan performa, bahkan kegagalan sistem secara keseluruhan apabila tidak terdeteksi sejak awal produksi (Bagus Nugroho et al., 2024).

Pada proses awal produksi manufaktur elektronik, PCB yang melewati proses *Surface Mount Technology* (SMT) akan diteruskan ke station *Backhand* untuk proses perakitan (*assembly*). Pada tahapan ini, dilakukan inspeksi intensif guna memastikan kembali komponen *through-hole* berada pada posisi yang tepat dan bebas dari cacat fisik. Inspeksi ini memverifikasi kualitas hasil solderan, memastikan tidak adanya gumpalan timah (*soldering bridges*), serta menjamin seluruh lubang solderan sempurna dan layak ke tahap berikutnya.

Meskipun memiliki peran yang penting, proses deteksi cacat PCB pada station *Backhand* saat ini masih banyak dilakukan secara manual melalui pengamatan visual oleh manusia. Namun, metode ini memiliki kekurangan signifikan, antara lain membutuhkan waktu yang relatif lama, bergantung pada tingkat ketelitian manusia, serta berpotensi menimbulkan ketidakkonsistenan hasil inspeksi. Hal ini diperkuat oleh data dari (Wijayanti et al., 2025) yang menyatakan

bahwa sekitar 70% hingga 90% kegagalan dalam proses produksi manufaktur justru disebabkan oleh faktor kesalahan manusia (*human error*).

Keterbatasan akurasi manusia hanya berkisaran di angka 85% dalam mendeteksi mikroskopis menjadi hambatan utama dalam mencapai standar *zero-defect*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, (Gunawan et al., 2016) mengembangkan teknologi *machine vision* berbasis pengolahan citra digital (*image processing*). Sistem ini bekerja dengan membandingkan gambar PCB yang benar dengan gambar yang akan diinspect untuk mendeteksi adanya cacat jalur PCB.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, *image processing* mampu memberikan tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam mendeteksi cacat PCB. Metode *thresholding*, *image subtraction*, dan *color mapping* mampu mencapai tingkat akurasi sebesar 85,7% dengan waktu pemrosesan kurang dari dua detik per papan PCB (Punith Kumar et al., 2020). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *image processing* dengan metode *thresholding* efektif dalam mengidentifikasi perbedaan antara PCB normal dan PCB uji. Namun demikian, metode *thresholding* (Siswanto et al., 2023) seringkali menghasilkan noise atau ketidaksempurnaan batas objek akibat variasi pencahayaan dan kualitas citra, sehingga diperlukan tahap penyempurnaan citra sebelum dilakukan analisis lebih lanjut.

Dalam pengembangannya, operasi morfologi digunakan sebagai pendekatan berbasis topologi dan bentuk geometri yang berfungsi untuk mengekstrak serta memperbaiki struktur dan bentuk geometri pada citra digital (Susanto, 2019). Operasi seperti erosi dan dilasi diterapkan untuk menghilangkan noise, menutup celah kecil pada jalur PCB, serta mempertegas kontur objek hasil citra. Dengan demikian, penerapan operasi morfologi setelah tahap *thresholding* dapat meningkatkan kualitas representasi objek.

Untuk mengimplementasi tahapan pengolahan citra secara komputasional dan *real-time*, sehingga komputer dapat merealisasikan metode *thresholding*, operasi morfologi dan analisis parameter geometris, diperlukan suatu *library* pengolahan citra. Salah satu *library* yang digunakan *Open Source Computer Vision Library (OpenCV)* (Supiyandi et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa metode *thresholding* dan operasi morfologi efektif dalam mendeteksi cacat PCB, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek algoritma deteksi tanpa mengintegrasikan sistem secara menyeluruh ke dalam mekanisme inspeksi otomatis yang terstruktur. Beberapa penelitian juga belum menekankan pada penyajian hasil deteksi dalam bentuk antarmuka pengguna yang informatif maupun penyimpanan data hasil inspeksi sebagai dokumentasi proses produksi.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini tidak hanya mengimplementasikan metode *thresholding* dan operasi morfologi berbasis *image processing*. Perancangan difokuskan pada pembuatan sistem deteksi dengan beberapa tahapan utama, dimulai dari pengumpulan data citra PCB normal dan PCB uji kemudian diterapkan metode deteksi cacat menggunakan teknik *thresholding* dan operasi morfologi untuk mengidentifikasi berbagai jenis cacat PCB. Sistem juga terintegrasi dengan kendali linear motor stepper menggunakan Arduino sebagai penggerak PCB ke area inspeksi serta antarmuka pengguna grafis (GUI) untuk visualisasi hasil secara *real-time*. Sistem penyimpanan data dalam bentuk log dan citra sebagai dokumentasi hasil pengujian. Dengan demikian, sistem yang dirancang diharapkan mampu menghasilkan proses inspeksi yang lebih otomatis, konsisten dan terdokumentasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perumusan masalah yang diperoleh yaitu:

- 1) Bagaimana merancang dan membangun sistem inspeksi visual pada PCB dengan menggunakan kamera sebagai media akuisisi atau pemerolehan citra?
- 2) Bagaimana mengimplementasikan metode *thresholding* dan operasi morfologi menggunakan *Python* dan *OpenCV* untuk mendeteksi cacat pada PCB dan menentukan kondisi Pass/Fail?
- 3) Bagaimana merancang antarmuka *grafis user interface* (GUI) untuk menampilkan proses inspeksi dan hasil deteksi secara *real time*?

- 4) Bagaimana menyimpan hasil inspeksi data pengujian dan citra hasil deteksi PCB ke dalam database?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam pembuatan proyek akhir ini Adalah:

- 1) Sistem inspeksi PCB difokuskan hanya untuk satu jenis PCB dengan komponen PCB *Through-Hole* atau *Dual In-Line Package* (DIP). Komponen yang digunakan memiliki jarak antar pin (pitch) sebesar 2,54 mm (0,1 inci), jumlah pin maksimum 40 pin, serta dimensi rata-rata berupa panjang 19 mm dan lebar 6,3 mm.
- 2) Proses inspeksi dilakukan pada kondisi cahaya yang terkontrol untuk konsistensi hasil pengolahan citra.
- 3) Jenis cacat PCB meliputi, bentuk dan area PCB, komponen hilang/lepas, lubang dan solderan yang tidak sempurna, serta kerusakan visual.
- 4) Metode deteksi yang digunakan yaitu metode *thresholding* dan *morfologi operation* tanpa algoritma *deep learning* atau *artificial Intelligence* (AI).
- 5) Data hasil inspeksi berupa gambar hasil deteksi dan data pengujian disimpan pada database lokal komputer.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Merancang dan membangun sistem inspeksi visual otomatis pada *Printed Circuit Board* (PCB) berbasis *image processing* yang terintegrasi dengan sistem mekanik pergerakan kamera serta kendali linear motor stepper berbasis Arduino.
- 2) Mengimplementasikan metode *thresholding* dan operasi morfologi untuk mendeteksi kondisi PCB sehingga memperoleh PCB Pass atau Fail berdasarkan parameter geometris yang telah ditentukan.
- 3) Merancang antarmuka pengguna *Graphical User Interface* (GUI) yang mampu menampilkan proses dan hasil inspeksi secara *real-time*.
- 4) Memperoleh seluruh hasil inspeksi berupa hasil data pengujian dan citra hasil deteksi.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- 1) Memberikan alternatif sistem inspeksi otomatis yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap pemeriksaan manual pada PCB.
- 2) Meningkatkan efisiensi waktu dan konsistensi hasil, dan ketelitian dalam proses indentifikasi cacat PCB.
- 3) Menyediakan dokumentasi hasil inspeksi dalam bentuk data pengujian tersimpan yang dapat digunakan sebagai evaluasi lanjutan.